

PERENCANAAN BALANCING ROBOT DENGAN DUA RODA

Zoel Fachri^{#1}, Akhmad Hendriawan -1^{#2}, Ardik Wijayanto-2^{#3}

[#]*Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya*

¹fachri@student.eepis-its.edu

²hendri@eepis-its.edu

³ardik@eepis-its.edu

Abstrak— Konsep *balancing* roda dua robot didasarkan pada teori pendulum terbalik. Sebuah sistem kontrol yang sesuai yang dibutuhkan untuk mengontrol sistem sehingga seimbang dan stabil. Tujuan utama dari proyek ini adalah dengan menggunakan strategi kontrol yang baik untuk menjaga robot dalam keadaan tegak lurus. Permasalahan yang timbul pada *balancing* robot adalah cara mempertahankan kondisi tegak 90°. Pada proyek akhir ini, permasalahan pada *balancing* robot diselesaikan dengan menerapkan algoritma pengontrol yang salah satunya kontrol PID dengan tuning nilai konstanta. Pada pengujian keseluruhan sistem respon kontrol nilai konstanta $K_p=37$ $K_i=0$ $K_d=3$ pada permukaan kayu dan ubin sangat baik mempertahankan posisi tegak selama 6 detik dengan error -3 dan 2. Dari proyek akhir ini dapat disimpulkan bahwa penambahan kontrol PD dapat menyebabkan sistem *balancing* robot lebih stabil dan *real time*.

Kata kunci: Inverted Pendulum, Kontrol PID, Sharp GP2D120, Robot Balancing

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi. Saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas berbagai pabrik. Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor pada robot tersebut.

Salah satu nya Balancing Robot Dengan Dua Roda yang memperoleh daya gerak dari sejumlah kendali dan robotik. *Balancing* robot (robot penyeimbang) adalah suatu platform untuk menyelidiki efisiensi berbagai kontrol kendali sistem. Penelitian *balancing* robot dengan dua roda ini berdasarkan model *Inverted pendulum* (bandul terbalik) dengan menyeimbangkan robot dua roda yang memerlukan suatu pengontrol yang baik untuk mengendalikan robot dalam keadaan tegak lurus tanpa memerlukan pengontrol dari luar.

Sekarang ini banyak penerapan berbagai jenis pengontrol pada Balancing robot dengan dua roda

contohnya *Linear Quadratic Regulator*, *Pole-Placement Controller*, *Fuzzy Logic*, *Proportional*, *Integrated*, *Derivative Controller* (Kontrol PID). Proyek akhir ini adalah untuk mendesain dan membangun Balancing Robot Dengan Dua Roda yang mampu menyeimbangkan dirinya didaerah yang rata dan menyelidiki keserasian dengan pengontrol PID dalam menyeimbangkan sistem robot. Kasus robot harus sempurna, simetris dan pusat gravitasi harus tinggi.

Pada proyek akhir ini membahas aplikasi sensor jarak (*Sharp GP2D120*) yang mendeteksi posisi sudut curam pada robot berdasarkan data pembacaan sensor.

Dalam sensor infrared umum digunakan untuk menentukan jarak sebuah obyek. Pada dasarnya sensor bekerja pada prinsip pemantulan cahaya dan pengukuran variabel yang diukur adalah waktu pemantulan cahaya tersebut. Alasan pemilihan sensor ini dapat mengukur jarak dimana output tegangan analog merepresentasikan jarak yang terukur.

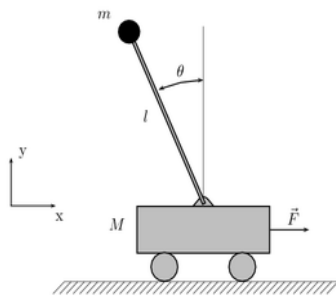
Mikrokontroler digunakan sebagai otak pada robot ini, dimana keseluruhan Algoritma PID Controller akan menghitung ke dalam program bahasa C dan menyimpan dalam Mikrokontroler. Tanpa suatu kendali yang aktif maka robot akan jatuh, oleh karena itu pengontrol PID suatu peran penting dalam proyek ini.

II. TEORI PENUNJANG

Inverted pendulum merupakan masalah klasik dalam dinamika dan kontrol teori dan banyak digunakan sebagai patokan untuk pengujian kontrol algoritma (PID kontroler, dgn saraf jaringan, kontrol fuzzy, algoritma genetika, dll). Masalah ini mengizinkan gerakan kereta sambil mempertahankan bandul, dan menyeimbangkan pada kereta-bandul pada sistem maju mundur.

Inverted Pendulum adalah bandul yang memiliki massa yang berputar di atas titik. Hal ini sering dilakukan dengan berporos titik menjulang pada kereta yang dapat bergerak horisontal dan dapat disebut sebagai tiang dan kereta. Sedangkan biasa bandul stabil ketika gantung ke bawah, sebuah bandul terbalik adalah memiliki sifat tidak stabil, dan harus seimbang aktif untuk tetap tegak, baik oleh

tenaga putaran (*tourqe*) yang berlaku pada persendian atau dengan mengerjakan berporos horizontal titik sebagai bagian dari arus balik sistem.

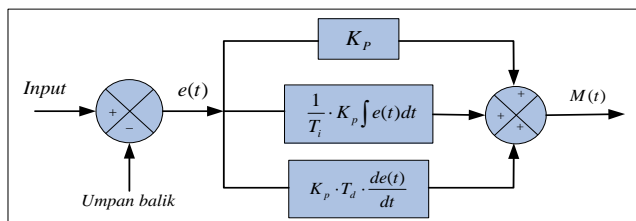


Gambar 2.1 Skematis yang Inverted pendulum pada kereta

Kontrol PID

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat diset lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler PID. Gambar 2.2 menunjukkan blok diagram kontroler PID.



Gambar 2.2 Blok Diagram Kontroler PID

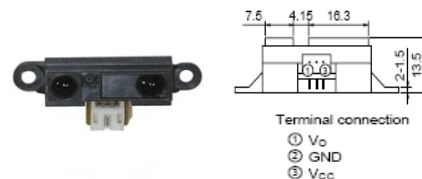
Proporsional kontroler (K_p) akan memberikan efek mengurangi waktu naik, tetapi tidak menghapus kesalahan keadaan tunak, Integral kontroler (K_i) akan memberikan efek menghapus keadaan tunak, tetapi berakibat memburuknya respon transien, Diferensial kontroler (K_d) akan memberikan efek meningkatnya stabilitas sistem, mengurangi over-shoot, dan menaikkan respon transfer. Efek dari setiap kontroler (K_p, K_i, K_d) dalam sistem loop tertutup diperlihatkan pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Efek dari setiap kontroler (K_p, K_i, K_d) dalam loop tertutup.

Respon Loop tertutup	Waktu naik	Over-shoot	Waktu turun	Kesalahan keadaan tunak
Kp	Menurun	Meningkat	Perubahan kecil	Menurun
Ki	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Kd	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan kecil

Sensor Jarak (Sharp GP2D120)

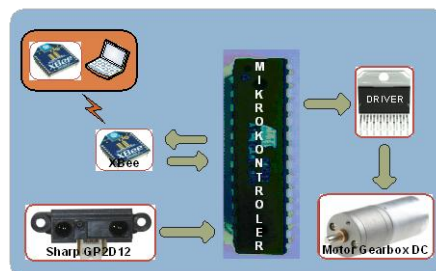
Salah satu aplikasi pemanfaatan sensor infrared adalah sebagai sensor pengukur jarak pada robot mobile, agar dapat bernavigasi secara *autonomous*. Sensor GP2D120 dapat mendeteksi penghalang dalam jarak 4-30cm dengan keluaran output analog, selain itu juga ukurannya yang kecil menghemat tempat dan daya[8].



Gambar 2.3 Sensor Sharp GP2D120 dan susunan kaki sensor

III. PERANCANGAN SISTEM

Secara umum, rancangan system yang dibuat adalah tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

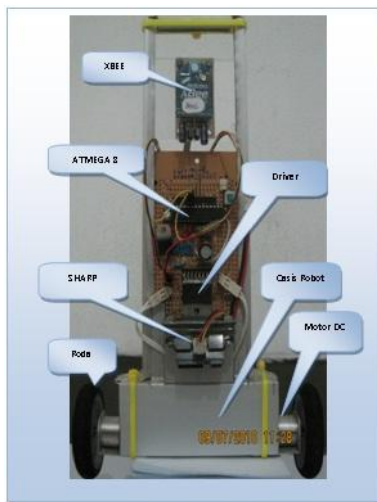
Perancangan Alat

Perancangan mekanik pada sistem ini didasarkan pada model yang *compact* dan ringkas. Pada model mekaniknya sendiri berdasarkan *Inverted pendulum*, dengan pendulum yang di rancang vertikal sehingga dapat menyeimbangkan pendulum.

Sistem mekanik tersebut menggunakan 2 buah motor DC yang *dicouple* dengan *gearbox* agar memiliki torsi yang kuat, dan dipasang pada *casis* robot pada titik tengah pendulum sehingga pendulum memiliki center dalam melakukan *balance*.

Dan menggunakan 2 buah Sensor diletakan dibawah pendulum dengan jarak 5cm agar dapat menjaga jarak kemiringan dari permukaan. Pada *casis* pendulum memiliki 4 lapisan dimana setiap lapisan merupakan tempat peletakan batere, rangkaian sistem, dan LCD.

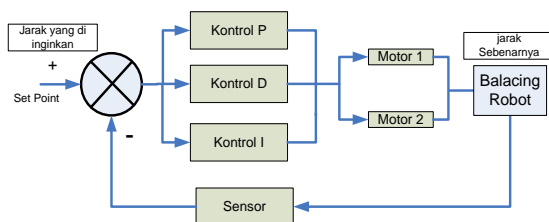
Berikut adalah gambar robot balancing:



Gambar 3.1 Robot tampak atas depan

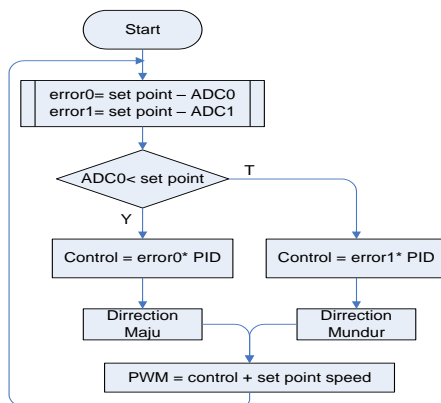
Perancangan Kontrol

Perancangan kontrol pada proyek akhir ini adalah untuk mengontrol gerak robot agar tetap posisi seimbang. Atau dalam kata lain, untuk mereduksi osilasi yang terjadi pada saat robot dalam tidak seimbang.



Gambar 3.2 Diagram blok balancing robot

Diagram blok pengontrolan suatu platform dua roda yang mampu dalam menyeimbangkan pendulum. Disini kotroler otomatis menjadi menyeimbangkan robot agar tidak jatuh dengan membandingkan data sensor sebenarnya dengan dikehendaki dan mengoreksi kesalahan dengan mengontrol kedua motor dengan nilai input sama



Gambar 3.3 Flowchart kontrol PID

Implementasi Sensor Pada Robot



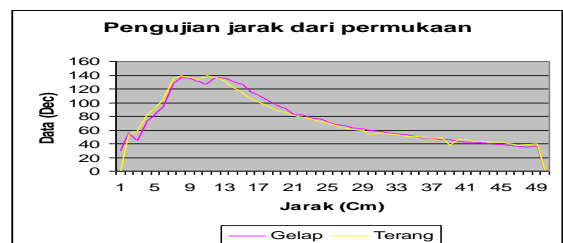
Gambar 3.4 Sistem kerja sensor pada robot

Jika salah satu dari badan robot semakin dekat dengan permukaan maka robot akan memberikan respon dengan cara mengaktifkan motor. Sedangkan arah putaran motor dan kecepatannya bergantung pada arah jatuhnya badan robot ke permukaan tanah.

Berdasarkan gambar 3.13 di atas, jika robot dalam keadaan seimbang (90°) maka nilai jarak sensor dari robot adalah set point. Dan apabila robot dalam keadaan terjatuh di tanah maka pada saat itu jarak salah satu nilai sensor robot akan mengecil dan robot akan bergerak dengan respon yang cepat untuk mengembalikan ke posisi 90° .

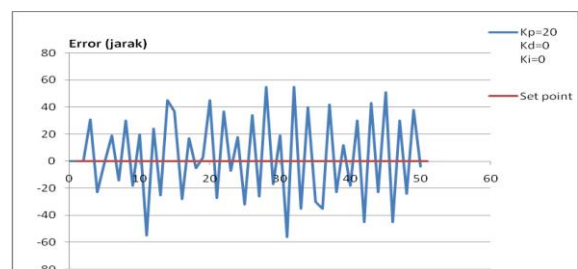
IV. PENGUJIAN

Pada bagian pengujian, telah dilakukan pengujian terhadap sensor, motor, kontroler dan algoritma untuk mengetahui karakteristik, kestabilan dan kesesuaian target yang diinginkan. Berikut adalah gambar grafik pengukuran jarak dan peralihan warna permukaan

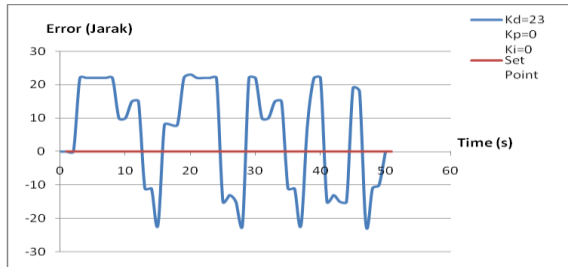


Gambar 4.1 Kurva Pengujian jarak Permukaan

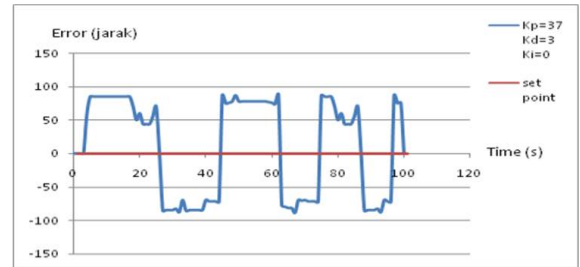
Respon Kontroler Pada Balancing Robot



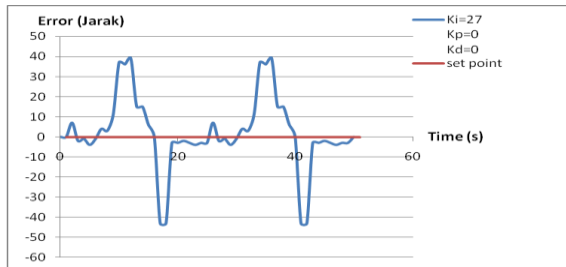
Gambar 4.2 Grafik respon dengan nilai $K_p=20$ $K_d=0$ $K_i=0$



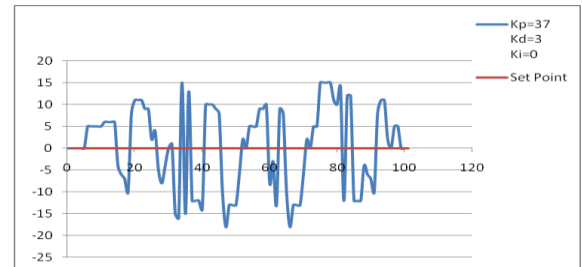
Gambar 4.3 Grafik respon dengan nilai $K_d=23$ $K_p=0$ $K_i=0$



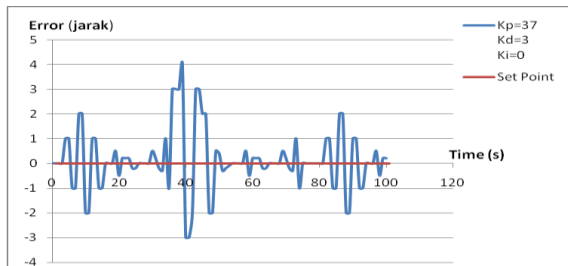
Gambar 4.7 Grafik respon pada permukaan kaca



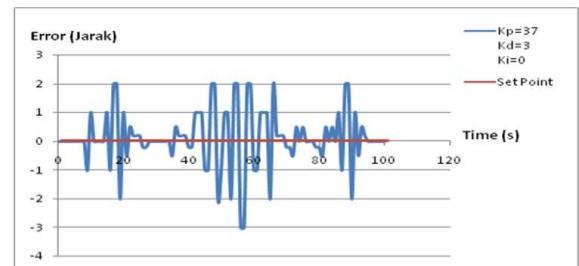
Gambar 4. 4 grafik respon dengan nilai $K_i=27$ $K_p=0$ $K_d=0$



Gambar 4.8 Grafik respon pada permukaan tanah



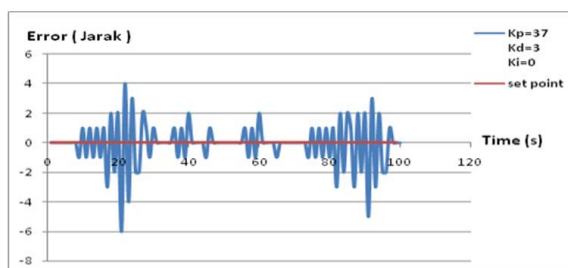
Gambar 4.5 Grafik respon Stabil



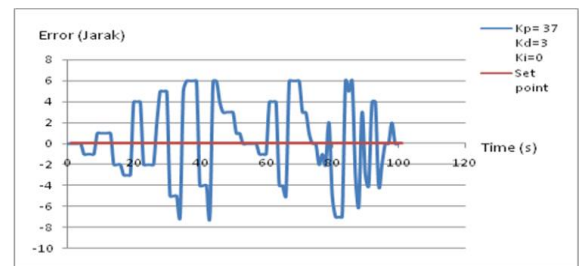
Gambar 4.9 Grafik respon pada permukaan kayu

Dari pengujian untuk menentukan nilai K_p , K_I dan K_d , tidak langsung mendapatkan nilai konstantanya. Akan tetapi harus dilakukan dengan tuning, nilai konstanta yang membuat sistem stabil yaitu $K_p=37$ $K_d=3$ dan $K_i=0$ terhadap nilai tersebut sehingga didapatkan respon yang stabil pada balancing robot dengan catatan waktu selama 5 s/d 6 detik.

Pengujian Respon Kontroler Robot Pada Permukaan



Gambar 4.6 Grafik respon pada permukaan ubin



Gambar 4.10 Grafik respon pada permukaan *Styrofoam*

Dari pengujian respon kontroler pada beberapa permukaan. Permukaan menggunakan ubin dan kayu hasilnya lebih baik dari pada permukaan kaca, tanah dan *styrofoam*.

sensor sangat berpengaruh terhadap permukaan yang licin, mengkilap dan permukaan tidak rata dikarenakan pembiasan sangat besar sehingga data sensor untuk mengambil nilai error jarak tidak stabil (*nonlinear*) dan sistem kontroler tidak memberikan respon yg baik.

Permukaan yang baik untuk balancing robot ini yaitu permukaan yang rata dan kecil akan pembiasan cahaya sehingga sensor bisa mengirim data errornya baik dan respon kontrolernya cepat memperbaiki nilai error yang terjadi.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dalam pengujian nilai konstanta PID yang membuat sistem stabil yaitu mampu mempertahankan pendulum pada posisi 90° adalah sebesar $K_p = 37$ $K_i = 0$ $K_d = 3$ dengan catatan waktu selama 6 detik dan masih terjadi osilasi kecil dalam menjaga keseimbangan sistem robot.
- Perlu perlakuan khusus terhadap sensor infrared Sharp GP2D120, yaitu pada pengujian sensor pada permukaan dan cahaya karena terdapat perbedaan nilai sensor, agar robot bisa menjaga keseimbangannya.
- Beberapa permukaan, balancing robot tidak bisa menjaga keseimbangannya yaitu pada permukaan kaca, tanah, *styrofoam* karena tersebut permukaan yang licin, mengkilap dan tidak rata sehingga nilai data error nonlinear.
- Kasus robot harus ada pemberat pada titik tengah poros roda untuk dapat keseimbangan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maeda, Y. Kuswadi, Son. M, Nuh. Sulistyo MB. “*Kontrol Automatik*”. Politeknik Elektronika Surabaya; 1993.
- [2] Kartiko,Ade “*RANCANG BANGUN SISTEM PENJEJAK OBYEK MENGGUNAKAN KAMERA CMU DILENGKAPI DENGAN KONTROL PID DAN PREDIKSI GERAKAN*” Tugas Akhir : T.Elektronika PENS-ITS:2009
- [3] Ong Yin Chee, Mohamad Shukri b. Zainal Abidin, “*Design And Development of Two Wheeled Autonomous Balancing Robot* : Thesis, Universiti Teknologi Malaysia, 2006
- [4] Miller,Peter. “*Building a Two Wheeled Balancing Robot*”. Faculty of Engineering and Surveying- University of Southern Queensland; 2008
- [5] Ho,Khoon Chye Randal. “*Balancing Wheeled Robot*” Faculty of Engineering and Surveying- University of Southern Queensland; 2005
- [6] Ogata, Katsuhiko. “*Teknik Kontrol Automatik*”. Jilid I edisi kedua – Jakarta. Erlangga:1996dhy Sutanta. *Komunikasi Data & Jaringan Komputer*. Edisi Pertama – Yogyakarta; Graha Ilmu, 2005.
- [7] Chairuzzaini, Mohammad Rusli dan Rudy Ariyanto. 1998. Pengenalan Metode Ziegler-Nichols pada Perancangan Kontroler pada PID. (Online). <http://www.elektroindonesia.com>. (diakses. 07 juli 2010).
- [8] Budiharto, Widodo, “*10 Proyek Robot Spektakuler*”, Elex Media Komputindo, 2008
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Inverted_pendulum
- [10] <http://pdfdatabase.com/xbee-pro-tutorial.html>
- [11] http://www.orientalmotor.com/products/pdfs/A_OM/AcRevIntr0.pdf
- [12] <http://www.atmel.com>
- [13] *Datasheet of sharp GP2D120*